



**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**ANALIZA INTEGRĂRII DEȘEURILOR  
RECICLABILE PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA  
CAPACITĂȚII MECANICE ȘI STABILITĂȚII  
INFRASTRUCTURII RUTIERE**

**Student: Smetanca Radu**

**Conducător: Eugeniu Braguta  
Conf. univ, dr. șt. teh**

**Chișinău 2025**

## CUPRINS

**ADNOTARE**

**ADNOTATION**

<b>INTRODUCERE</b> .....	8
<b>1. DEȘEURI RECICLABILE ȘI APLICABILITATEA LOR ÎN INFRASTRUCTURA RUTIERĂ</b> .....	12
1.1. Tipuri de deșeuri reciclabile utilizate în construcțiile rutiere.....	12
1.2. Beneficiile ecologice și economice ale reciclării deșeurilor.....	21
1.3. Stabilitatea infrastructurii în funcție de materialele utilizate.....	24
<b>2. CAPACITATEA MECANICĂ A MATERIALELOR RECICLATE ÎN CONSTRUCȚIA RUTIERĂ</b> .....	29
2.1. Proprietățile mecanice ale materialelor reciclate.....	29
2.2. Comparație între materialele tradiționale și cele reciclate.....	33
2.3. Teste de laborator și studii de performanță mecanică.....	36
<b>3. IMPACTUL DEȘEURILOR RECICLABILE ASUPRA STABILITĂȚII ȘI DURABILITĂȚII INFRASTRUCTURII RUTIERE</b> .....	41
3.1. Studii de caz: exemple internaționale de integrare a deșeurilor în infrastructura rutieră.....	41
3.2. Durabilitatea drumurilor construite cu materiale reciclate în Republica Moldova.....	52
3.3. Evaluarea riscurilor și măsuri pentru îmbunătățirea stabilității.....	57
<b>CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI</b> .....	72
<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	75

## ADNOTARE

**SMETANCA RADU, teză de master: „Analiza integrării deșeurilor reciclabile pentru îmbunătățirea capacității mecanice și stabilității infrastructurii rutiere „, Chișinău 2025.**

Teza cuprinde introducerea, 3 capitole, concluzii și recomandări, bibliografie din 55 de surse, 74 pagini text de bază până la bibliografie, 23 figuri și 11 tabele.

**Cuvintele cheie ale lucrării:** deșeuri reciclabile, infrastructură rutieră, capacitate mecanică, stabilitate, durabilitate, beneficii ecologice, beneficii economice, teste de laborator, materiale reciclate.

**Scopul** acestei lucrări este de a analiza potențialul integrării deșeurilor reciclabile în construcția infrastructurii rutiere, pentru a îmbunătăți capacitatea mecanică și stabilitatea acesteia. Cercetarea vizează identificarea beneficiilor ecologice, economice și tehnice ale utilizării materialelor reciclate, comparativ cu cele tradiționale, și propunerea unor soluții optime pentru dezvoltarea durabilă a infrastructurii rutiere în Republica Moldova. Obiectivele lucrării sunt:

- *Identificarea tipurilor de deșeuri reciclabile aplicabile în infrastructura rutieră*
- *Determinarea beneficiilor ecologice și economice ale reciclării deșeurilor în infrastructura rutieră*
- *Evaluarea stabilității infrastructurii în funcție de materialele utilizate*
- *Studierea capacității mecanice a materialelor reciclate utilizate în construcția rutieră*
- *Analizarea impactului materialelor reciclate asupra stabilității și durabilității infrastructurii rutiere*
- *Evaluarea riscurilor și propunerea unor măsuri de îmbunătățire a stabilității drumurilor construite cu materiale reciclate*

**Metodologia de cercetare.** Pe baza informațiilor din literatura de specialitate, s-au stabilit categoriile de deșeuri cu o potențială ridicată a unei caracteristici mecanice ale infrastructurii rutiere. În principal, sunt ales: deșeuri plastice (PET, polietilenă de înaltă densitate – HDPE, etc.) pentru proprietățile de rezistență la umiditate și ductilitate; granule de cauciuc rezultate din anvelope uzate, pentru absorbția vibrațiilor și flexibilitatea; agregate din construcții și demolări pentru creșterea stabilității și pentru a înlocui parțial agregatele naturale.

**Rezultatele obținute** indică faptul că integrarea deșeurilor în structura rutiere reciclabile o opțiune viabilă atât din punct de vedere tehnic, cât și economic și ecologic. Rezistența la fisurare, stabilitatea sporită a creșterii sub trafic intens și comportamentul mai bun la temperaturi extreme sunt benefice directe, observați în urma testelor de laborator. Mai mult decât atât, importanța unei astfel de abordări rezidă și în potențialul de a diminua presiunea asupra resurselor naturale și de a reduce amprenta de carbon a sectorului construcțiilor.

## ANNOTATION

**SMETANCA RADU, Master's thesis: "Analysis of the integration of recyclable waste for improving the mechanical performance and stability of road infrastructure". Chisinau 2025.**

The thesis includes an introduction, 3 chapters, conclusions and recommendations, bibliography from 55 sources, 74 pages of basic text up to the bibliography, 23 figures and 11 tables.

**Keywords of the work:** recyclable waste, road infrastructure, mechanical capacity, stability, sustainability, ecological benefits, economic benefits, laboratory tests, recycled materials.

**The purpose** of this work is to analyze the potential of integrating recyclable waste into the construction of road infrastructure, in order to improve its mechanical capacity and stability. The research aims to identify the ecological, economic and technical benefits of using recycled materials, compared to traditional ones, and to propose optimal solutions for the sustainable development of road infrastructure in the Republic of Moldova. **The objectives** of the work are:

- *Identifying the types of recyclable waste applicable in road infrastructure*
- *Determining the ecological and economic benefits of waste recycling in road infrastructure*
- *Assessing the stability of the infrastructure depending on the materials used*
- *Studying the mechanical capacity of recycled materials used in road construction*
- *Analyzing the impact of recycled materials on the stability and durability of road infrastructure*
- *Assessing risks and proposing measures to improve the stability of roads built with recycled materials*

**Research methodology.** Based on information from the specialized literature, the categories of waste with a high potential for a mechanical characteristic of road infrastructure were established. Mainly, the following are chosen: plastic waste (PET, high-density polyethylene - HDPE, etc.) for their moisture resistance and ductility properties; rubber granules resulting from used tires, for vibration absorption and flexibility; aggregates from construction and demolition to increase stability and to partially replace natural aggregates.

**The results obtained** indicate that the integration of waste into the structure of recyclable roads is a viable option both from a technical, economic and ecological point of view. Resistance to cracking, increased stability of growth under heavy traffic and better behavior at extreme temperatures are direct benefits, observed after laboratory tests. Moreover, the importance of such an approach also lies in the potential to reduce the pressure on natural resources and to reduce the carbon footprint of the construction sector.

## BIBLIOGRAFIE

1. Abdalfattah IA, Mogawer WS, Stuart KD. Recycled Polyethylene Modified Asphalt Binders and Mixtures: Performance Characteristics and Environmental Impact. Transportation Research Record 2022: 03611981211065733.
2. Analiza mărimii particulelor NF P 94 056.  
[http://ressources.unit.eu/cours/geotechnique\\_routiere/3\\_ClassificationSols/co/Contenu\\_1\\_Granulo.html](http://ressources.unit.eu/cours/geotechnique_routiere/3_ClassificationSols/co/Contenu_1_Granulo.html)
3. Arturs Riekstins. Comparative environmental and economic assessment of a road pavement containing multiple sustainable materials and technologies. [accesat 30 octombrie 2024]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061824016635>
4. Asfalt din deșeuri de plastic și sticlă, creat de un start-up din Cluj: „Vrem să fie la fel de comun ca Pepsi sau Coca-Cola”. [accesat 05 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://mindcraftstories.ro/tehnologie/asfalt-din-deseuri-de-plastic-si-sticla-creat-de-un-start-up-din-cluj-vrem-sa-fie-la-fel-de-comun-ca-pepsi-sau-coca-cola/>
5. BELC Florin. RECICLAREA STRATURILOR RUTIERE EXISTENTE. [accesat 06 octombrie 2024]. Disponibil: [https://www.ct.upt.ro/studenti/cursuri/belc/Reciclarea\\_straturilor\\_rutiere.pdf](https://www.ct.upt.ro/studenti/cursuri/belc/Reciclarea_straturilor_rutiere.pdf)
6. BRAGUȚA, Eugeniu, DOBRESCU, Cornelia-Florentina. Aspects regarding evaluation of compacting process by vibration of enzyme-stabilized soils. In: Journal of Engineering Sciences, 2020, vol. 27, nr. 2, pp. 135-144. ISSN 2587-3474. DOI: [accesat 21 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3784366>
7. BRAGUȚA, Eugeniu. Analiza compactării dinamice prin vibrare a structurilor rutiere din pământ stabilizat cu lianți ecologici. Tehnica UTM, 2021. 192 p. ISBN 978-9975-45-687-6. <http://repository.utm.md/handle/5014/16547>
8. BRAGUȚA, Eugeniu. Grounds stabilized with organic binders. In: Journal of Engineering Sciences, 2020, vol. 27, nr. 1, pp. 43-49. ISSN 2587-3474. DOI: [accesat 21 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3713364>
9. Cercetarea extinsă a emisiilor de carbon arată că procesul de adăugare a produselor MacRebur ca un extensor de liant reduce emisiile de carbon de la suprafața tradițională. [accesat 14 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://dorsa.group/portfolio-items/plastic-road-2/>
10. Characterization of recycled materials for sustainable construction. Caractérisation des matériaux recyclés pour la Construction durable . [accesat 11 octombrie 2024]. Disponibil: <https://www.cfms-sols.org/sites/default/files/Actes/3195-3198.pdf>

11. De la deșeuri la minuni: drumul realizat în întregime din plastic reciclat. [accesat 07 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://www.orbia.com/this-is-orbia/news-and-stories/plastic-road/>
12. Deșeurile din construcții și demolări – Informații utile pentru firmele interesate. [accesat 20 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://stratos.ro/deseurile-din-construcții-si-demolari-informații-utile-pentru-firmele-interesate/>
13. Dobrescu, C. .-. F., Braguța, E., & Harea, O. (2024). METHODOLOGY APPLIED IN THE CONSTRUCTION OF STRUCTURES USING NATURAL AND ALTERNATIVE MATERIALS FOR STABILIZATION WORKS IN ROAD CONSTRUCTION. JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE, 31(1), 45–54. [accesat 21 noiembrie 2024]. Disponibil: [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2024.31\(1\).04](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2024.31(1).04)
14. Dobrescu, C. F., and E. Braguța. "Dynamic modeling of vibro-compaction process on cohesionless granular soils." *Acoustics and Vibration of Mechanical Structures* "May (2017): 25-26.
15. Dobrescu, C. F., and E. Brăguța. "Evaluation of strength and deformation parameters of soil based on laboratory tests." *Multi-Conference on Systems & Structures (SysStruc 17)* din Universitatea Eftimie Murgu din Reșița. 2017.
16. DOBRESCU, Cornelia, Eugeniu BRĂGUȚA, and Andrei BURAGA. "Analiza modelului vâscoelastic complex cu aplicație la compactarea pământurilor stabilizate ecologic." (2018).
17. Dobrescu, Cornelia-Florentina, and Eugeniu Brăguță. "Optimization of vibro-compaction technological process considering rheological properties." *Acoustics and Vibration of Mechanical Structures—AVMS-2017: Proceedings of the 14th AVMS Conference, Timisoara, Romania, May 25–26, 2017*. Springer International Publishing, 2018.
18. DOBRESCU, Cornelia-Florentina, BRAGUȚA, Eugeniu, BURAGA, Andrei. Cercetări privind folosirea deșeurilor reciclabile pentru îmbunătățirea capacității mecanice și a stabilizării pământurilor argiloas. In: *Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului*, Ed. 10, 27 noiembrie 2020, Chișinău. Chișinău: Casa Editorial-Poligrafică „Bons Offices”, 2021, Ediția 10, pp. 392-398. ISBN 978-9975-87-779-4.
19. Drumuri și Suprafețe. Cum beneficiază sticla industria drumurilor și suprafețelor. [accesat 04 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://www.sioneer.com/industries/roads-and-surfaces/>
20. Engineering Properties of Recycled Materials for Use as Embankment Fill. [accesat 23 octombrie 2024]. Disponibil: [https://www.researchgate.net/publication/266910121\\_Engineering\\_Properties\\_of\\_Recycled\\_Materials\\_for\\_Use\\_as\\_Embankment\\_Fill](https://www.researchgate.net/publication/266910121_Engineering_Properties_of_Recycled_Materials_for_Use_as_Embankment_Fill)

21. Ghid privind folosirea lianților pe bază de bitum și cauciuc pentru construcția și reparația îmbrăcăminților drumurilor (pentru uz experimental). [accesat 13 octombrie 2024]. Disponibil: <https://www.asd.md/wp-content/uploads/2023/10/CP-D.02.03-2011.pdf>
22. Ghidul privind practicile la nivelul Uniunii Europene în tehnologiile de reciclare a deșeurilor. [accesat 30 octombrie 2024]. Disponibil: [https://blacksea-cbc.net/wp-content/uploads/2020/09/BSB457\\_MWM-GMR - Guide-to-European-Union-Practices-on-Waste-Recycling-Technologies\\_RO.pdf](https://blacksea-cbc.net/wp-content/uploads/2020/09/BSB457_MWM-GMR_-_Guide-to-European-Union-Practices-on-Waste-Recycling-Technologies_RO.pdf)
23. Gómez-Meijide, B.; Pérez, I.; Pasantín, AR Deșeuri reciclate din construcții și demolări în amestecuri asfaltice reci: proprietăți evolutive. J. Curat. Prod. 2016 , 112 , 588–598. [accesat 21 noiembrie 2024]. Disponibil: [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/18014/PerezPerez\\_Ignacio\\_2016\\_recycled\\_construction\\_demolition.pdf;jsessionid=7ACF09F0A41DBB9A50F9FC059C962F1D?sequence=2](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/18014/PerezPerez_Ignacio_2016_recycled_construction_demolition.pdf;jsessionid=7ACF09F0A41DBB9A50F9FC059C962F1D?sequence=2)
24. Gradation and density of the aggregates and the rice husk ash. [accesat 28 noiembrie 2024]. Disponibil: [https://www.researchgate.net/figure/Gradation-and-density-of-the-aggregates-and-the-rice-husk-ash\\_tbl1\\_228465699](https://www.researchgate.net/figure/Gradation-and-density-of-the-aggregates-and-the-rice-husk-ash_tbl1_228465699)
25. În Moldova, a fost construit primul drum din plastic reciclat. „Vrem să rezolvăm epidemia deșeurilor de plastic”. [accesat 17 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://diez.md/2021/12/02/in-moldova-a-fost-construit-primul-drum-din-plastic-reciclat-vrem-sa-rezolvam-epidemia-deseurilor-de-plastic/>
26. Indrajit Patra. Mechanical properties of concrete containing recycled aggregate from construction waste. [accesat 12 octombrie 2024]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138822007706>
27. Kelly L. Del Ponte. STATE DOT ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC BENEFITS OF RECYCLED MATERIAL UTILIZATION IN HIGHWAY PAVEMENTS. [accesat 13 noiembrie 2024]. Disponibil: [https://rmrc.wisc.edu/wp-content/uploads/2017/05/kdelponte\\_UW\\_thesis\\_S2016.pdf](https://rmrc.wisc.edu/wp-content/uploads/2017/05/kdelponte_UW_thesis_S2016.pdf)
28. Krausmann, F.; Gingrich, S.; Eisenmenger, N.; Erb, K.H.; Haberl, H.; Fischer-Kowalski, M. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. Ecol. Econ. 2009, 68, 2696–2705. [accesat 30 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800909002158?via%3Dihub>
29. Laboratory evaluation of recycled construction and demolition waste for pavements. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061810006367>
30. Mahmoud F. Abed Elkader. FACTORS AFFECTING THE STABILITY OF HIGHWAY SIDE SLOPES. [accesat 23 octombrie 2024]. Disponibil: [https://jesaun.journals.ekb.eg/article\\_111145\\_762d0cd325b9d01e5b4f815ece2833c1.pdf](https://jesaun.journals.ekb.eg/article_111145_762d0cd325b9d01e5b4f815ece2833c1.pdf)

31. Masina de reciclare a asfaltului KM T-2. [accesat 18 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://www.kminternational.com/equipment/km-t-2-asphalt-recycling-machine/>
32. Metode inovative de asfaltare și reabilitare a drumurilor. [accesat 20 octombrie 2024]. Disponibil: <https://cptehnic.ro/metode-inovative-de-asfaltare-si-reabilitare-a-drumurilor/>
33. Nicolaie Pop. STRUCTURI RUTIERE RECICLATE LA RECE, ARMATE DISPERS CU FIBRE SINTETICE DIN STICLĂ ȘI POLIESTERI. [accesat 30 octombrie 2024]. Disponibil: <file:///C:/Users/ACER/Downloads/Teza%20doctorat%20Pop%20Nicolaie.pdf>
34. Nodari Claudia. Laboratory investigation on the use of recycled materials in bituminous mixtures for dense-graded wearing course. [accesat 21 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509521000711>
35. O investiție britanică de 1,2 milioane euro la Strășeni a generat entuziasm la Guvern. [accesat 01 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://www.mold-street.com/?go=news&n=17841>
36. Patricia Danielle. Factors influencing roadside erosion and in-stream geomorphic stability at road-stream crossings for selected watersheds, North Shore, Minnesota, USA. [accesat 23 octombrie 2024]. Disponibil: <https://conservancy.umn.edu/items/e2ab5447-be65-459e-af79-3cbee2b426fc>
37. Pawan Patil. Natalya Stankevich. Nina Tsydenova. Zoie Diana. Plastic Waste In Road Construction: A Path Worth Paving?. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099003105242322144/pdf/IDU0743eda4a0091c049000acd506d2f0b9ae123.pdf>
38. Pinto, Ramona, Ruslan Bordos, and Eugeniu Eugeniu Braguta. "Vibration effects in the process of dynamic compaction of fresh concrete and stabilized earth." *Journal of Vibration Engineering & Technologies* 5.3 (2017): 247-254.
39. PlasticRoad. <https://theindexproject.org/post/plasticroad>
40. Polimeri durabili pentru asfalt. [accesat 11 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://www.macrebur.com/#sustainability>
41. Raleigh McElvery. Este drumul către asfalt durabil pavat cu anvelope?. <https://cen.acs.org/environment/sustainability/road-sustainable-asphalt-paved-tires/99/i7>
42. Reza Ashtiani. Laboratory Performance Characterization of Pavements Incorporating Recycled Materials. [accesat 13 decembrie 2024]. Disponibil: [https://www.researchgate.net/publication/268589269\\_Laboratory\\_Performance\\_Characterization\\_of\\_Pavements\\_Incorporating\\_Recycled\\_Materials](https://www.researchgate.net/publication/268589269_Laboratory_Performance_Characterization_of_Pavements_Incorporating_Recycled_Materials)
43. Road Construction Materials: Types and Uses. [accesat 30 octombrie 2024]. Disponibil: <https://www.fluidconstructions.com/construction/road-construction-materials-types-and-uses/>



44. S. Angelone , M. Cauhapé Casaux , M. Borghi , FO Martinez. Pavaje verzi: reutilizarea deșeurilor de plastic în mixturi asfaltice. Mater. Struct. , 49 ( 2016 ) , p. 1655 – 1665
45. S. Angelone , M. Cauhapé Casaux , M. Borghi , FO Martinez, I. Indacochea-Vega. Pavaje verzi: reutilizarea deșeurilor de plastic în mixturi asfaltice. Mater. Struct. , 49 ( 2016 ) , p. 1655 - 1665
46. Saber Shah Saberi . Mechanical And Physical Properties Of Recycled Concrete Aggregates For Road Base Materials. [accesat 05 decembrie 2024]. Disponibil:<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1973/1/012236>
47. Șantierul de reabilitare a drumului R16.1 – înregistrează un progres semnificativ 27 mai 2024. [accesat 01 noiembrie 2024]. Disponibil:<https://www.asd.md/en/2024/05/27/>
48. Siva Shanmukha Anjaneya Babu Padavala. Performance evaluation of ternary blended cement concrete partially replacement of natural sand with granite quarry dust. [accesat 30 octombrie 2024]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773207X23000659>
49. Study on the optimum rice husk ash content added in asphalt binder and its modification with bio-oil. [accesat 14 decembrie 2024]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817308784>
50. Sustainable Effect of Chemically Treated Aggregates on Bond Strength of Bitumen. [accesat 30 octombrie 2024]. Disponibil: [https://www.researchgate.net/publication/344876301\\_Sustainable\\_Effect\\_of\\_Chemically\\_Treated\\_Aggregates\\_on\\_Bond\\_Strength\\_of\\_Bitumen](https://www.researchgate.net/publication/344876301_Sustainable_Effect_of_Chemically_Treated_Aggregates_on_Bond_Strength_of_Bitumen)
51. Tehnologii și Materiale în Asfaltare. [accesat 29 octombrie 2024]. Disponibil: <https://gamasfaltari.ro/tehnici-de-reabilitare-ecologica-a-drumurilor-vechi/>
52. The Use of Waste-derived Materials in Road Construction. [accesat 18 noiembrie 2024]. Disponibil:<https://www.transport.gov.scot/media/50950/report-recycled-materials-in-road-construction-and-maintenance.pdf>
53. Tuncer B. Edil. Quantitative Assessment of Environmental and Economic Benefits of Recycled Materials in Highway Construction. [accesat 02 noiembrie 2024]. Disponibil:[https://www.researchgate.net/publication/269528072\\_Quantitative\\_Assessment\\_of\\_Environmental\\_and\\_Economic\\_Benefits\\_of\\_Recycled\\_Materials\\_in\\_Highway\\_Construction](https://www.researchgate.net/publication/269528072_Quantitative_Assessment_of_Environmental_and_Economic_Benefits_of_Recycled_Materials_in_Highway_Construction)
54. Use of Waste Materials in Highway Construction. [accesat 17 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://highways.today/2022/01/10/waste-materials-highway-construction/>
55. Yeong Jia Boom, Dai Lu Xuan, Marie Enfrin, Michael Swaney, Hassan Masood, Biplob Kumar Pramanik, Dilan Robert, Filippo Giustozzi. Proprietățile tehnice, microplasticele și evaluarea emisiilor amestecurilor asfaltice modificate cu plastic reciclat. [accesat 21 noiembrie 2024]. Disponibil: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723034927>